

Teknosia



**Jurnal Ilmiah Bidang Sains - Teknologi
Murni Disiplin dan Antar Disiplin**

ISSN No. : 1978 - 8819

Vol. II, No. 8, Tahun IV, September 2010

- | | |
|--|-----------|
| ■ Pengaruh Holding Time Proses Pack Nitriding Dengan Media Pupuk Urea Dan Za Terhadap Kekerasan Baja Assab Stavax | 1 |
| <i>Oleh Putu Hadi Setyarini, Staf Pengajar Teknik Mesin UNBRAW, Erwin Sulistyo, Zainul Ishafil Hayyi, Staf Pengajar Teknik Mesin UNBRAW, Yovan Witanto, Staf Pengajar Teknik Mesin UNIB.</i> | |
| ■ Studi Model Pompa Air Laut Energi Gelombang Jenis Silinder Osilasi Terpasang Tetap (Fixed OWC) | 8 |
| <i>Oleh Muhammad Ali, Staf Pengajar Teknik Sipil UNIB</i> | |
| ■ Analisis Kesalahan Mahasiswa TI FT UNIB dalam Menyelesaikan soal UAS kalkulus I TA 2009 / 2010 | 13 |
| <i>Oleh Hanifah, Staf Pengajar Teknik Informatika UNIB</i> | |
| ■ Rancangan Rangkaian Pengendali Kecepatan Motor Arus Searah Dengan Menggunakan 2 Thyristor Dan Trafo Center Tap | 20 |
| <i>Oleh Alex Surapati, Staf Pengajar Teknik Elektro UNIB</i> | |
| ■ Simulasi Pengujian Dynamic Radial Fatigue Velg Racing Sepeda Motor dengan Metode Elemen Hingga | 27 |
| <i>Oleh Zuliantoni, Staf Pengajar Teknik Mesin UNIB</i> | |
| ■ Tingkat Pelayanan Jalan Dikota Bengkulu (Studi Kasus Jl. Bali, Jl. Basuki Rahmat, Jl. Flamboyan, Jl. Meranti, Jl. Danau dan Jl. RE. Martadinata) | 36 |
| <i>Oleh Hardiansyah, Staf Pengajar Teknik Sipil UNIB</i> | |
| ■ Penentuan Tarif Daya Listrik Berdasarkan Karakteristik Beban Rumah Tangga Di Kota Bengkulu | 42 |
| <i>Oleh Anizar Indriani, Staf Pengajar Teknik Elektro UNIB</i> | |
| ■ Pengaruh Penambahan Serat Pohon Pisang pada kuat lentur beton Struktur | 51 |
| <i>Oleh Mawardi, Staf Pengajar Teknik Sipil UNIB</i> | |

Diterbitkan Oleh :

Fakultas Teknik - Universitas Bengkulu, Jalan Raya Kandang Limun Bengkulu 38123

Telp. : (0736) 21170, 344067 Fax. : (0736) 22105 E-mail : teknosia@yahoo.com

SIMULASI PENGUJIAN DYNAMIC RADIAL FATIGUE VELG RACING SEPEDA MOTOR DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Zuliantoni

Staf Pengajar Teknik Mesin, FT-Universitas Bengkulu
Jl. Raya Kandang Limun Bengkulu
email : zulian_75@yahoo.co.id

ABSTRACT

Racing wheel is one of automotive component that more a lot of used. The reason using of racing wheel more evaluated from its esthetics element. Existing problems in development of racing wheel beside creativity to fulfill esthetics need, the racing wheel also have to be strong. As very important component automotive, racing wheel have to pass examination standard so that can circulate marketing. According to SAE J328 racing wheel have to through 3 kinds of examination that are dynamics radial fatigue, dynamic cornering, and impact test. This research is loading only in application of standard dynamics radial fatigue and impact test. From the analysis result of the simulation dynamic radial fatigue, it is known that wheel model according to standard with $7,42 \times 10^6$ cycles and weight 2,32 kg. While number of cycles enabled by minimize only 600.000 cycles. This mean the endurance of racing wheel design bigger 12,37 times than minimal standard enabled by SAE J328.

Keywords: *dynamics radial fatigue, finite element method, prototype, simulation*

1. PENDAHULUAN

Perubahan dalam dunia otomotif berlangsung sangat cepat. Desain untuk satu jenis komponen dari waktu ke waktu terus mengalami perubahan baik berupa modifikasi dari desain yang telah ada ataupun pembuatan desain baru. Perubahan desain ini sangat erat kaitannya dengan segi keamanan, kenyamanan, maupun keindahan komponen tersebut.

Velg dan komponen-komponen kendaraan yang lain sering mengalami pembebanan berulang (siklik) dapat menyebabkan kerusakan/ patah pada tingkat yang jauh lebih rendah daripada tegangan maksimum pembebanan statik (di bawah kekuatan elastisnya/*yield point*). Kerusakan tersebut dapat terjadi karena akumulasi dari pembebanan berulang yang telah diterima benda/komponen tersebut melebihi

kemampuannya menyerap energi, atau kita kenal sebagai *fatigue failure*.

Benda atau komponen dari suatu konstruksi yang mengalami pembebanan berulang (siklik) akan dapat rusak/patah pada tingkat tegangan yang jauh lebih rendah daripada tegangan maksimum dari pembebanan static (dibawah kekuatan elastisnya/ *yield point*). Kerusakan tersebut dapat terjadi karena akumulasi energi dari pembebanan berulang yang diterima benda telah melebihi kemampuannya didalam menyerap energi, atau yang biasa disebut dengan istilah *fatigue failure*.

Kasus yang dijumpai pada industri komponen otomotif lokal, yang memproduksi velg-velg Aluminium berkualitas ekspor, yaitu diperlukannya suatu iterasi desain yang berkepanjangan untuk mendapatkan suatu

desain akhir yang optimal dalam proses pengembangan produknya.

Hal ini tentunya disebabkan oleh minimnya metode analisa yang digunakan dalam proses pengembangan tersebut, atau bahkan mungkin tidak melalui tahap analisa sama sekali, sehingga cara yang ditempuh adalah melalui cara *trial and error*. Sebenarnya banyak kerugian yang diakibatkan oleh metoda *trial and error* ini, antara lain adalah ketidak-pastian jumlah iterasi yang akan terjadi. Dan lagi, dari setiap iterasi tersebut akan mengeluarkan banyak biaya dan waktu produksi untuk proses *manufacturing* prototypenya.

Berdasarkan dari latar belakang ini, penulis mencoba menawarkan alternative lain yang mungkin bisa digunakan untuk mengeliminir proses desain yang iterative tersebut, sehingga diharapkan pembuatan prototype secara eksperimental bisa digantikan, dan jumlah siklus iterasi yang dibutuhkan bisa diminimalkan.

Pengujian prototype akan disimulasikan secara numeris, yaitu dengan menggunakan pendekatan metoda *Finite Element*. Kondisi beban yang diaplikasikan sesuai dengan salah satu dari tiga criteria pengujian SAE J 328, yaitu *Dynamic Radial Fatigue*.

Keterkaitan Penelitian dan Rujukan Sebelumnya

I Dewa Bagus Sugata W(1998)[8] dalam tugas akhirnya meneliti masalah aplikasi metode elemen hingga untuk menghitung kekuatan bending dari tiga model velg bintang

mobil jenis sedan dan jeep berdasarkan standar JIS seri D4202 dengan bantuan program EMR CNISA/Display II. Dari hasil simulasi diperoleh tegangan maksimum yang diterima struktur velg terjadi di beberapa tempat yaitu daerah baut, pertemuan antara sirip dengan disk baut, dan pertemuan antara sirip dengan rim. Struktur velg desain baru ini lebih menghemat jumlah material pembuatan dari desain-desain velg sebelumnya dan angka keamanan yang dihasilkan juga lebih besar.

Yeh-Liang Hsu dan Ming-Sho Hsu(2001)[6] dalam penelitiannya menekankan pada pengurangan berat disk velg aluminium mobil berdasarkan konstrain *cornering fatigue*. Hasil analisis digunakan untuk memprediksi apakah suatu velg dapat melewati tes *cornering fatigue*, dan juga mengidentifikasi posisi kemungkinan gagal yang didasari pada kriteria kegagalan Goodman dan Gerber. Sistem ini divalidasi dengan 26 buah velg hasil pengujian fisik dari pabrik velg lokal, prosedur ini mempunyai laju sukses 96% dalam memprediksi secara langsung apakah velg akan lulus uji *dynamic cornering fatigue*.

Yeh-Liang Hsu, dkk(2004)[7] dalam penelitian mereka memprediksi kegagalan fatik disk velg aluminium mobil dengan metode elemen hingga pada kondisi pengujian *dynamic cornering fatigue* dan *dynamical radial fatigue test* yang didasari pada data *historical test*.

Pramono, A.S(2003)[2] dalam penelitiannya membahas tentang pemanfaatan metode Elemen Hingga untuk memprediksi

umur fatik (*fatigue life prediction*) dari suatu komponen otomotif, yaitu velg mobil sedan, dan akan dilihat bagaimana perubahan kekuatan fatiknya terhadap pengaruh perubahan bentuk geometrisnya. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa velg tersebut memenuhi standar dengan umur 957.346 cycle. Selain itu, dari tipe yang sudah dimodelkan tersebut dibuat satu modifikasi. Bagian yang dimodifikasi adalah dengan mengurangi ketebalan jejari dan membuat pool diantara lubang baut. Umur yang dicapai adalah 402.797 cycle.

II. TUJUAN

1. Menganalisa desain dari velg aluminium dan memprediksi kerusakan kumulatifnya (jumlah cycle yang dapat ditempuh) sesuai dengan pembebanan pada pengujian *Dynamic Radial Fatigue* dengan menggunakan metode elemen hingga (Finite Element).
2. Akan dilakukan perbaikan desain dari suatu velg untuk mengoptimalkan bobot dari struktur tanpa mengabaikan tingkat kekuatan fatigue yang diperbolehkan.
3. Melihat pengaruh dari perubahan/perbaikan geometris terhadap perubahan kekuatan fatiknya.

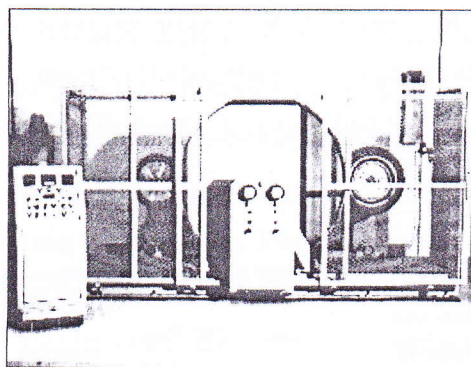
III. METODOLOGI PENELITIAN

Pendekatan Model

Untuk mensimulasikan pengujian *dynamic radial fatigue* secara numeris harus dibuat terlebih dahulu sebuah model *Finite Element* dari komponen, kemudian

mengaplikasikan beban-beban yang bekerja kepadanya sesuai dengan kondisi pengujian yang sebenarnya.

Pada pengujian yang sebenarnya, specimen diuji dalam kondisi ban terpasang, namun pada simulasi pengujian numeris specimen hanya dimodelkan sebuah velg tanpa ban, dan beban-beban yang akan diaplikasikan pada Velg tersebut merupakan beban-beban terdistribusi yang ekuivalen dengan kondisi pengujian yang sebenarnya.



Gambar 1 Alat uji dynamic radial fatigue.

Alat uji DRF terdiri dari 4 komponen utama : Roadwheel, Spindle, Carriage, dan Control Console.

Roadwheel, adalah sebuah drum yang terbuat dari baja (steel A36) dengan diameter 17.707 mm. Satu putaran roadwheel sama dengan 5,4 m. Roadwheel mempunyai permukaan kontak yang rata dan digerakan dengan motor berdaya 300 HP melalui transmisi sabuk.

Spindle, adalah sebagai tempat dudukan velg, dimana velg yang telah dibaut dapat berputar dengan bebas.

Carriage, adalah bagian dari alat uji sebagai tempat dudukan poros spindle yang dapat

bergerak searah *load direction*. Carriage digerakan oleh silinder hidrolik atau PowerScrew untuk memberikan beban radial pada velg dan ban.

Control console, berupa system control untuk mengatur putaran roadwheel dan beban operasi hidrolik.

- Beban Radial

Beban radial yang akan diaplikasikan pada velg harus dihitung sesuai dengan persamaan:

$$F_r = W.K \dots\dots\dots(1)$$

dimana : F_r = Beban radial

W = Setengah dari maksimum *static load* dari beban poros pada roda kendaraan.

K = Load factor. (Dapat dilihat pada table dibawah).

Tabel 1 Load factor dan cycle minimum.

Wheel type (material)	"K" Front	"K" Rear	Minimum cycles
Ferrous All	2,25	2,0	400.000
Aluminum All	2,5	2,25	600.000

- Prosedur pengujian.

1. Pemilihan velg dan ban.
2. Ban dipasang pada velg dengan tekanan 225 kPa
3. Jalani pengujian DRF hingga semua criteria terpenuhi.

- Kriteria pengujian dan Penghentian Test (Test termination).

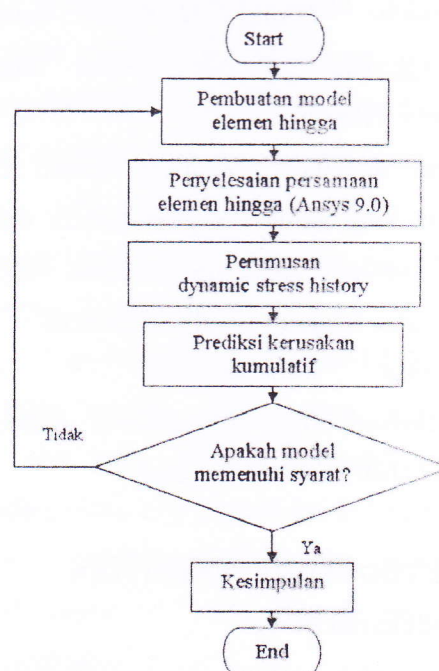
1. Velg yang akan diuji harus telah menempuh semua proses produksi hingga selesai. Sehingga benar-benar representative dengan kondisi ban yang sedang digunakan pada kendaraan.

Velg yang diuji harus mampu menempuh jumlah cycle minimal seperti pada *table 1*. Pengujian harus dihentikan jika terjadi kehilangan tekanan pada ban, terjadi fatigue crack, dan ketidakmampuan ban dalam menerima beban. Kegagalan pada ban (pecah) atau kerusakan komponen lainnya tidak memerlukan penghentian pada pengujian, tetapi akan menyebabkan ketidakvalid-an data pengujian.

Justifikasi Model

Data-data Teknis Kondisi Pengujian

- Inflasi tekanan ban (p_i)
= 175 kPa \approx 1,75 bar
- Seating Pressure pada Bead Seat (p_s)
= 25 Psi \approx 172,3077 x 10³ Pa
- Pembebanan Radial
= 1481,31 N
- Putaran ban
= 90 km/jam \approx 769,2 rpm



Gambar 2. flowchart metodologi penelitian

Algoritma Penyelesaian

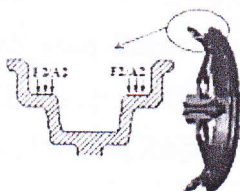
Untuk mencapai tujuan penelitian, informasi tentang standard pengujian Dynamic Cornering Fatigue SAE J 328 telah diperoleh. Informasi ini meliputi besar serta posisi pembebanan, putaran yang harus diberikan dan yang terakhir adalah umur (dalam cycles) yang harus dicapai tanpa terjadinya kerusakan pada velg yang diuji. Langkah berikutnya adalah menggambar velg yang disimulasikan serta mendiskretisasinya (meshing) menjadi sejumlah elemen, kemudian dilanjutkan dengan memodelkan kondisi batas dan pembebanan baik tempat, besar dan arah beban seperti pada pengujian sebenarnya.

Teknik Penyelesaian

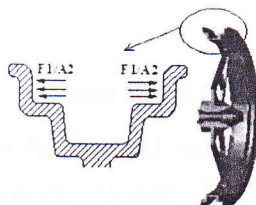
a. Penyelesaian persamaan elemen hingga

Setelah pembuatan model maka dilakukan *meshing* pada semua bagian pemodelan. Kemudian dieksekusi untuk mendapatkan penyelesaian persamaan elemen hingga strukturnya. Distribusi gaya karena efek *Seating Pressure* dari ban Terbagi menjadi 2, yaitu :

Pada Bead Seat, kearah radial

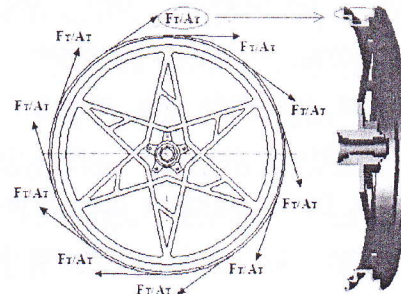


Pada Flange



Gambar 3. Distribusi Tekanan pada Bead Seat dan Flange

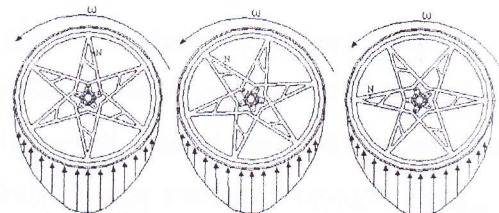
Kemudian gaya tangensial (F_T) pada ban tersebut terdistribusi secara merata pada bidang kontak antara ban dengan rim, yaitu pada *bead seat*, seperti yang dijelaskan pada gambar berikut :



Gambar 4. Distribusi gaya tangensial pada bead seat dan flange

b. Perumusan Dynamic Stress History

Stress-time history didapatkan sesuai dengan arah pembebanan hidrolik/power screw yang juga merupakan *Load history* yang diterima velg. Pendekatan yang akan digunakan adalah quasi-static, yaitu mendapatkan data dinamis berdasarkan data-data static sesuai dengan *time increment*-nya (factor inersia diabaikan).



Gambar 5. Load History karena pembebanan hidrolik/powerscrew alat uji

Data output hasil eksekusi program Ansys dari setiap loadcase diimport kedalam aplikasi *spreadsheet* (Microsoft Excel), ditabelkan dan dicari node yang mempunyai fluktuasi tegangan dengan rentang paling besar. Pada node inilah

yang dicurigai akan mengalami pengintian retak (*initiation crack*) paling awal.

c. Prediksi kerusakan kumulatif

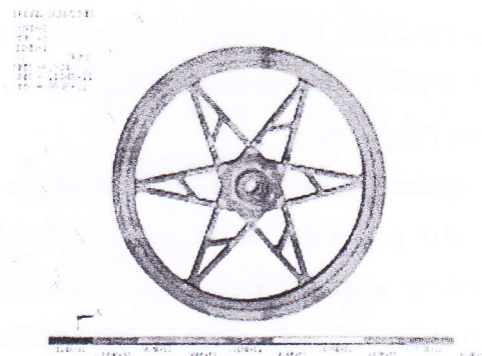
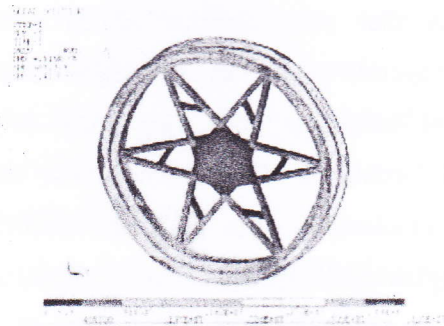
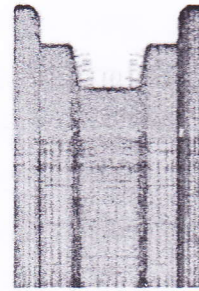
Langkah pertama yang harus dilakukan adalah mensimplifikasi grafik Stress-time history berdasarkan dari tegangan reversalnya, kemudian mencari besar tegangan amplitude dan tegangan rata-ratanya dengan *Rainflow Cycle Counting Method*. Dan dilanjutkan dengan prediksi kerusakan kumulatif Palmgren-Miner. Karena data eksak S-N dengan variasi *Mean Stress* sulit didapat, maka salah satu alternatifnya adalah dengan harga pendekatan kurva S-N (*S-N Curve Approximation*) yang lebih dikenal dengan persamaan Basquin. Kemudian untuk koreksi pengaruh parameter Mean Stress-nya digunakan persamaan Modified Goodman.

d. Pemilihan desain paling optimal

Jumlah putaran yang diperoleh dari simulasi harus lebih besar dari jumlah putaran yang diperbolehkan minimum hanya 600.000 putaran. Apabila tidak lebih besar maka masih terbuka kemungkinan untuk improvisasi desain agar didapatkan bobot yang lebih optimal. Hal ini dilakukan untuk penghematan penggunaan material dan juga peningkatan performansi dari velg.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Data



Dari gambar diatas terlihat bahwa pada distribusi gaya centrifugal karena efek kecepatan rotasional, tegangan maksimum terjadi pada daerah selkitar jeruji dimanan $SMX = 0,864E+11$ Pa dan tegangan minimum juga terjadi pada daerah sekitar jeruji dengan $SMN = - 0,124E+11$ Pa. defleksi yang terjadi pada velg adalah $DMX = 6,524$ mm.

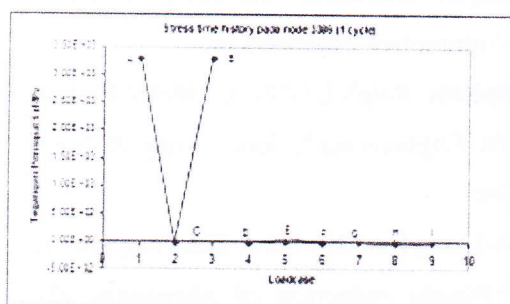
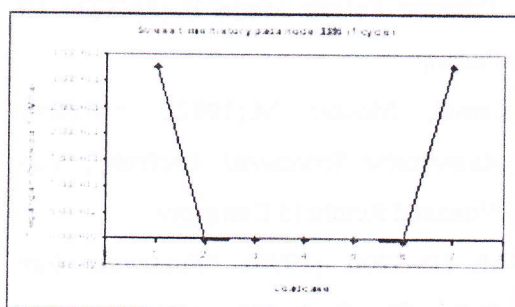
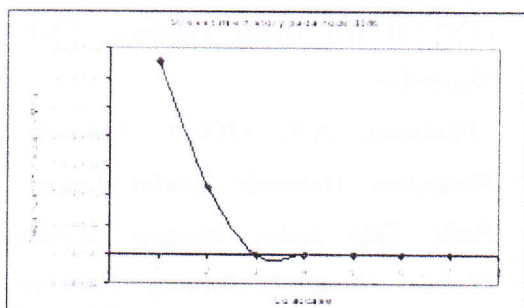
b. Analisa

Perumusan Stress-Time History

Karena pembebanan (load case) yang terjadi bersifat simetris maka eksekusi cukup dilakukan sebagian yaitu dari pembebanan $0 +$

0 sampai dengan $\theta + 180$. Gambar-gambar berikut adalah visualisasi dari pembebanan untuk setiap loadcase, increment angle dibagi setiap 30 derajat. Dan didefinisikan sudut awal pembebanan ($\theta = 0$) adalah pada daerah *valve hole*.

Hasil eksekusi penyelesaian persamaan *finite element* struktur dari setiap Load Case ditabelkan untuk dicari node yang mempunyai rentang tegangan terbesar. Ternyata diketahui bahwa node yang mempunyai rentang tegangan terbesar terjadi pada node 33095 dengan rentang $3,978 \times 10^7$ Pa. Dan secara kebetulan tegangan maksimum dari struktur juga terjadi pada node tersebut, yaitu $3,25 \times 10^7$ Pa.



Hasil simulasi berupa distribusi tegangan pada velg. Tegangan yang diolah adalah tegangan maksimum dan minimum pada titik-titik kritis. Informasi ini tentunya tidak memadai untuk dibandingkan dengan hasil pengujian yang berupa kondisi velg setelah diputar 600.000 cycles. Apabila kondisi velg rusak maka disain velg harus diperbaiki dan bila kondisinya tidak mengalami kerusakan maka disain velg dapat diterima. Untuk itu perlu dilakukan konversi dengan cara sebagai berikut :

- mendapatkan tegangan rata-rata (σ_m) dan amplitudo tegangan (σ_a) dari tegangan max-min yang terjadi pada titik-titik kritis.
- tegangan rata-rata (σ_m) dan amplitudo tegangan (σ_a) yang sudah diperoleh dimasukkan ke persamaan Goodman untuk mendapatkan tegangan fraktur material (σ_{Nf}).

$$\frac{\sigma_a}{\sigma_{Nf}} + \frac{\sigma_m}{\sigma_u} = 1 \quad (\text{Rumus Goodman})$$

- tegangan fraktur material (σ_{Nf}) yang sudah diperoleh dimasukkan kedalam persamaan Basquin untuk mendapatkan jumlah cycles fraktur dari material (N_f).

$$\sigma_{Nf} = A(2N_f)^B \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

- A : Koefisien yang merepresentasikan besar tegangan pada 1 cycle
- B : Eksponen yang merepresentasikan gradient kemiringan

kurva dari material yang digunakan
 N_f : jumlah cycles material saat terjadinya fraktur (kerusakan)

Untuk material aluminium harga A adalah 87.5 Mpa, sedangkan harga B sebesar - 0,124. Sehingga numerisasi dari persamaan Basquin menjadi,

$$\sigma_N = 87.5(2N_f)^{-0.124} \dots\dots\dots(3)$$

Dari hasil simulasi di dapat jumlah cycles total $\approx 3,302 \times 10^6$ cycles, Dengan demikian masih sangat aman karena jauh lebih besar dari 600.000 cycles. Hasil ini perlu diverifikasi karena informasi dari pengujian hanya kualitatif yaitu terjadi kerusakan dan tidak.

Kalibrasi

Pada simulasi ini material velg yang digunakan adalah paduan aluminium sehingga load factornya adalah 2,5 dengan jumlah putaran minimum yang harus ditempuh velg sebesar 600.000 cycles. Hasil simulasi menunjukkan endurance pada disain velg lebih besar 12,37 kali lipat dari standar minimum yang diperbolehkan SAE J.328, sehingga velg ini aman digunakan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan :

Jumlah putaran yang dapat ditempuh adalah sebanyak 3.302.000 putaran, sedangkan jumlah putaran yang diperbolehkan minimum hanya 600.000 putaran. Berarti

endurance pada design jauh lebih besar dari standard minimum yang diperbolehkan SAE J328. Sehingga masih terbuka kemungkinan untuk improvisasi desain agar didapatkan bobot yang lebih optimal. Hal ini dilakukan untuk penghematan penggunaan material dan juga peningkatan performansi dari velg.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pramono, A.S, (2004), "*Simulasi Pengujian "Dynamic Cornering Fatigue Test" pada Velg Sedan dengan Metode Element Hingga*", Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin III (SNTTM III) Ujung Pandang, 15-16 Nopember.
- [2] Pramono, A.S, (2003), "*Simulasi Pengujian Dynamic Radial Fatigue Pada Velg sedan dengan Metoda Elemen Hingga*", Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin II (SNTTM II) Padang
- [3] Kamal, Mounir M,(1982), "*Modern Automotive Structural Analysis*", Van Nostrand Reinhold Company
- [4] SAE HS-3200, (1996), "*Passenger Car Safety Standards Manual*", Society of Automotive Engineers,inc
- [5] Stephens, Ralph I, (2001), "*Metal Fatigue In Engineering*", John Wiley & Sons, inc
- [6] Yeh-Liang Hsu dan Ming-Sho Hsu, (2001). "*Weight reduction of aluminum disc wheels under fatigue constraints using*

- a sequential neural network approximation method", *Computers in Industry*, Vol. 46/2, p. 167~179. Taiwan
- [7] Yeh-Liang Hsu, dkk, (2004), "*Prediction of fatigue failures of aluminum disc wheels using the failure probability contour based on historical test data*", *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, Vol. 21, No. 6, pp. 551-558
- [8] Sugata W, I Dewa Bagus., (1998). "*Analisis Elemen Hingga Pada desain velg racing Mobil Dengan Bantuan Paket Program EMRCNISA / Display II*", Tugas Akhir (S1), Jurusan Teknik Mesin, FTI, ITS, Surabaya.